



Buskröjning längs skogsbilvägar - En produktivitetsstudie av två kättingslagor

*Removal of woody vegetation along forest roadsides
- A productivity study of two chain flails*

Emil Forsberg

**Arbetsrapport 301 2010
Examensarbete 30hp D
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Iwan Wästerlund**

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
901 83 UMEÅ
www.srh.slu.se
Tfn: 090-786 81 00



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-301-SE

Buskröjning längs skogsbilvägar

- En produktivetsstudie av två kättingslagor

Removal of woody vegetation along forest roadsides
- A productivity study of two chain flails

Emil Forsberg

Examensarbete i skogshushållning med inriktning mot teknologi, 30hp

Jägmästarprogrammet

EX0492

Handledare: Iwan Wästerlund, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Extern handledare: Lisa Nilsson, Holmen Skog

Examinator: Ola Lindroos, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Förord

Detta examensarbete omfattar 30 högskolepoäng på D-nivå, vilket motsvarar 20 veckors heltidsstudier, och har genomförts vid Institutionen för skoglig resurshushållning på Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå. Arbetet faller inom ramarna för ämnet skogshushållning med inriktning mot skogsteknik och uppdragsgivare var Stab Skogsteknik på Holmen Skog AB.

Härmed riktas ett stort tack till mina handledare Iwan Wästerlund vid Institutionen för skoglig resurshållning på SLU och Lisa Nilsson, verksamhetsutvecklare transport och vägar, vid Stab Skogsteknik på Holmen Skog i Örnsköldsvik, som båda hjälpt mig med vägledning under arbetets gång.

Tack till Jens Kristoffersson, vägmästare vid Holmen Skog region Örnsköldsvik för introduktion i ämnet samt värdefull information.

Tack till Stig Larsson, Rislidens lantbruk AB, och André Pettersson, Firma André Pettersson, för att ni ställde upp på studien.

Slutligen vill jag tacka mor och far för stöd och support under arbetets gång, ni är guld värda!

Tack även andra personer som ställt upp på ett eller annat vis och hjälpt till.

Bjurholm, augusti 2010

Emil Forsberg

Sammanfattning

Att med jämna tidsintervall buskröja längs skogsbilvägarna är en viktig del av vägunderhållet. Några av vinsterna är att fuktbindande vegetation avlägsnas, vägen torkar upp snabbare, vägens bärighet förbättras, upprustning genom materialåtervinning från dikesslätten underlättas och sikten upprätthålls.

Målet med studien var att undersöka vilken typ av kättingslaga som bäst lämpar sig och är mest kostnadseffektiv vid buskröjning längs skogsbilvägar med olika röjningssvårigheter.

Studien innebar tidsstudier där två kättingaggregats produktivitet uppmättes vid tre olika röjningssvårigheter, lätt röjning, medeltung röjning och tung röjning. De studerade aggregaten var ett lätt och relativt enkelt aggregat av märket Optimal M160 och ett tyngre och mer avancerat aggregat av märket Slagkraft H210. Röjningen skedde utifrån Holmen Skogs kravspecifikation och kvaliteten på utförd röjning följdes upp via objektiv inventering.

Prestationen räknat i m^2/h och km färdigröjd väg per G_0 -timme var högre för det tyngre aggregatet för samtliga röjningstygder. Det tyngre aggregatets prestation för de olika röjningsklasserna var: lätt $16820 \text{ m}^2/\text{h}$, medel $10498 \text{ m}^2/\text{h}$ och tung $3669 \text{ m}^2/\text{h}$, medan motsvarande siffror för det lättare aggregatet var: lätt $9439 \text{ m}^2/\text{h}$, medel $6596 \text{ m}^2/\text{h}$ och tung $2382 \text{ m}^2/\text{h}$. Enligt kostnadskalkyler var det tyngre ekipaget billigast per m^2 för samtliga röjningsklasser. Räknat med den timersättning som entreprenörerna hade under tidsstudien var dock det lättare ekipaget något billigare per m^2 samt billigare per km färdigröjd väg.

Kvalitetsmässigt var det tyngre aggregatet bättre då det rörde till lägre stubbhöjd och inte lämnade oröjda stammar. Det lättare aggregatet var inte anpassat för tung röjning och lämnade högre stubbar och oröjda stammar på de tyngre röjningsklasserna trots att vissa parceller rövdes om för att klara kravspecifikationen.

Nyckelord: vägunderhåll, röjkostnad, flexibilitet, kvalitet

Summary

To regularly remove woody vegetation along the roadside of forest roads is an important part of the road maintenance, since the vegetation binds moisture in the road side and, thus, the removal makes the road drying faster with results in improved bearing capacity. Vegetation removal also makes it easier to upgrade the road by material recycling from the ditch and, moreover, the visibility along the road is maintained.

The aim of the study was to evaluate what type of chain flail is the best and most cost-effective for removal of different kind of woody vegetation along forest roadsides.

Time studies were made on two chain flails when removing woody vegetation in three different classes; easy-, middle- and heavy shrub removal. The studied flails were one light and rather simple flail named Optimal M160 and a heavier and more advanced flail named Slagkraft H210. The removal was made according to Holmen Skogs' specification and the quality of the cleaning was measured by objective belt inventory.

The productivity was higher with the heavy flail within all cleaning classes. The productivity of the heavy flail in the cleaning classes was; easy 16820 m²/h, middle 10498 m²/h and heavy 3669 m²/h and the corresponding numbers of the light flail was; easy 9439 m²/h, middle 6596 m²/h and heavy 2382 m²/h. According to the cost calculations the heavy flail had the lowest costs for all cleaning classes. However, calculated with the hourly wage that the entrepreneurs was paid during the time study the light flail were cheaper per m² and per km cleaned road.

The heavy flail gave better quality of the performed work, since the stump height was lower and no residual trees remained after cleaning. The light flail was not adapted for heavy cleaning and left high stumps and residual trees at the heavier cleaning classes, even though some of the study units were recleaned to meet the specification.

Keywords: road maintenance, cleaning cost, flexibility, quality

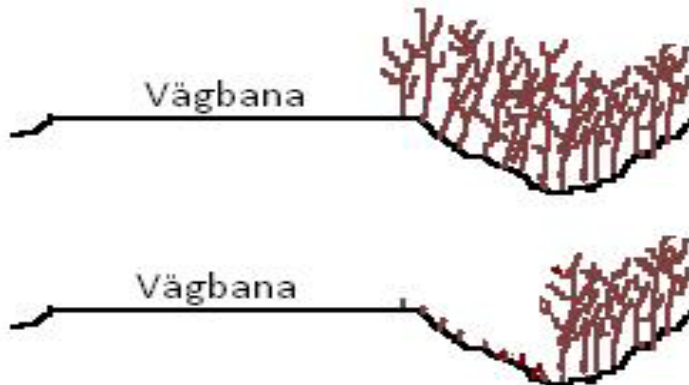
Innehållsförteckning

Förord	2
Sammanfattning.....	3
Summary	4
1 Inledning	6
1.1 Produktöversikt	7
1.1.1 Kättingslaga.....	8
1.1.2 Klingaggregat.....	8
1.1.3 Slaghack	9
1.2 Mål.....	9
2 Material och metod	10
2.1 Maskinkombinationer använda vid tidsstudien	10
2.1.1 Lätt aggregat.....	11
2.1.2 Tyngre aggregat	12
2.2 Inventering före buskröjning.....	12
2.3 Inventeringsresultat	14
2.4 Röjning	16
2.5 Tidsstudiens upplägg	17
2.6 Inventering efter buskröjning.....	17
3 Resultat	19
3.1 Genomförande	19
3.2 Tidsåtgång.....	19
3.3 Kvalitet.....	21
3.4 Produktivitet.....	22
3.5 Kostnader	24
4 Diskussion.....	26
4.1 Kritik av studien.....	26
4.2 Skillnader mellan röjningsekipagen.....	27
4.3 Produktivitet och kostnad.....	28
4.4 Röjningens kvalitet i förhållande till uppslag av stubbskott och skottens tillväxt	29
4.5 Förslag på tillämpning utifrån studien	30
4.6 Bioenergi.....	32
Slutsatser.....	33
Referenser.....	34
Litteratur	34
Muntliga referenser.....	35
Bilaga 1.	36

1 Inledning

Ett ständigt aktuellt ämne inom skogsbruket är skogsbilvägar. Framkomlighet och bärighet på skogsbilvägarna är en avgörande faktor när det gäller att leverera träråvaror till industri inom acceptabel tid från avverkningstillfället.

För att vägen skall vara i så bra skick som möjligt under perioder med tjällossning eller ihållande regn, respektive torka upp snabbt, krävs ofta att vägen har fungerande diken som dränerar vägbanan och för bort vattnet. Vegetation på vägbanan eller i dikesslänter gör att väta hålls kvar och försämrar dikets avvattningsförmåga.



Figur 1. Schematisk bild över två vägar. Den övre vägen har inte buskröjts och vegetationen har börjat inskränka på vägbanan medan den nedre vägen har buskröjts ned till dikesbotten.

Figure 1. Schematic drawing showing two roads. The upper road have not been shrub cleaned and the shrubs are starting to grow into the road surface, while the bottom road has been shrub cleaned down to the bottom of the ditch.

Det finns ett flertal negativa faktorer med att det växer vegetation i dikesslänterna och på vägbanan. En av dessa är att sikten försämras i takt med att vegetationen frodas vilket kan innebära en trafikfara då den gör det svårare att upptäcka såväl mötande trafik som vilt och fotgängare (Kristoffersson, 2009, pers. komm.). Det finns angivet i Skogsstyrelsens fälthandbok *Projektering av skogsvägar* (Anon. 1984) att stopp- och mötessikt behövs på skogsbilvägar. Siktsträckan är beroende av vilken hastighet vägarna är dimensionerade för. Med stopp- och mötessikt menas det avstånd som minst behövs för att två mötande fordon skall hinna stanna respektive väja, exempelvis är stoppsikten 70 meter och mötessikten 140 meter för en väg dimensionerad för 60 km/h (Anon. 1984). Detta är något man bör beakta när man bestämmer linjeföringen av en ny skogsbilväg (Anon. 2010a), men även vid underhåll i form av att upprätthålla sikten efterhand som vegetation växer in och skymmer vägbaneområdet.

Vintertid gör vegetation i slänten att det blir svårare att ploga, då det inte finns tillräckligt med plats för snömassorna, samtidigt som vegetationen tyngs ned av snön och böjs ut i vägen. Det är naturligtvis irriterande för lastbilsförare att ha kvistar som slår i rutorna och repar hytten. På våren vill man att snön skall smälta bort så fort som möjligt och styr ofta ut plogkanterna i diket för att så lite snö som möjligt skall finnas i direkt anslutning till vägarna, ett arbete som försvåras om det finns vegetation i dikesslätten.

En annan viktig orsak för att hålla borta vegetationen från väglänterna är att underlätta materielåtervinning vid upprustning av skogsbilvägarna. Att ha en välröjd dikesslänt underlättar sorteringen av återvunnet materiel från innerslätten (Kristoffersson, 2009, pers. komm.).

Normalt försöker man hålla borta vegetationen från vägsälarna genom att, på olika vis, buskröja med jämna tidsintervall. Att buskröja kostar, i likhet med annat vägunderhåll, mycket pengar och är relativt resurskrävande. Ofta ser man dock inte resultatet, eller värdet, av buskröjning direkt i form av bättre vägstandard eller bärighet på samma sätt som när vägar grusas eller hyvlas. Detta gör att man tenderar att bortprioritera buskröjning till förmån för andra vägunderhållsåtgärder, alternativt har för långa intervall mellan röjningstillfällena vilket får kostnaderna att skena vid nästkommande röjning.

Det finns en uppsjö av olika röjningsaggregat och bärmaskiner som används för buskröjning, alltifrån stora maskiner och aggregat, som även håller borta vegetation från statligt- och kommunalt ägda vägar, till mindre aggregat monterade på jordbrukstraktorer.

Vid röjning bör all vegetation som finns inom slänten tas bort, även den vegetation som vuxit in i vägbanan. De krav som ställs idag på Holmen Skogs entreprenörer, angående vägsältröjning, varierar mellan olika distrikt och är delvis beroende på vilken utrustning entreprenörerna använder sig av vid utförandet. En allmän regel är dock att man röjer två slag med aggregatet och målet med detta är att röja ned till dikesbotten. Ett problem är dock att sälarnas utformning skiljer mycket mellan olika vägar. Två slag räcker inte till för att nå ned till dikesbotten på en del vägar, medan två slag på andra vägar, med små diken, kan räcka till att röja såväl inner- som ytterslänt. I tvärs innerkurvor är det dessutom brukligt att röja extra brett för att öka sikten (Kristoffersson, 2009, pers. komm).

Inför tidsstudien ombads Holmen Skog att ta fram en kravspecifikation för hur de vill att vägar ska röjas samt vilken bredd och vilka kvalitetskrav som bör ställas på röjningen. Detta resulterade i följande kravspecifikation:

- Röjningsbredd 2500 cm, mätt i ett horisontellt plan utifrån vegetationens början i vägkanten, oberoende av innersläntens längd.
- Stubbhöjd max 200 mm.
- Jämnhet i röjningen där minst den överenskomna röjningsbredden uppfylls samt att oröjd vegetation inte finns kvar mellan röjningsslagen eller ut mot vägen. En viss avvikelse får dock förekomma på kortare sträckor för att uppdraget ska kunna utföras effektivt. Max avvikelse 30 – 40 meter /1000 meter vägsida.

1.1 Produktöversikt

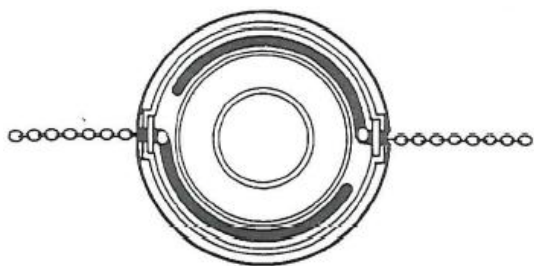
Det finns ett flertal olika maskinkonstruktioner som kan användas för buskröjning. Skillnaderna är stora mellan olika aggregat, såväl hur de är monterade på basmaskinen som röjningsprincipen. Som beställare av en röjningstjänst är det viktigt att veta vilka krav man har på den utförda röjningen. De faktorer som skiljer mellan olika röjningsaggregats prestanda är bland annat montering på basmaskin, röjningskapacitet vid olika röjningstygder, begränsningar i vilka träddimensioner aggregatet klarar att röja, lägsta möjliga stubbhöjd, stubbsnitt samt flexibilitet i form av möjliga röjningsvinklar och räckvidd (Johansson, 2001).

Aggregaten kan drivas av basmaskinens kraftuttag eller en hydraulmotor driven av basmaskinens hydraulsystem, likväl som de kan drivas av ett externt motorpaket. Montering av aggregaten varierar och beror på utformningen av aggregatet och dess tänkta användningsområde. Ett flertal aggregat kan fästas såväl bak som fram på en

basmaskin, med eller utan sidoförskjutning, medan andra är fästa i en front-, bak- alternativt sidomonterad kran (Anon. 2009a). Nedan beskrivs några av de vanliga röjningsprinciperna.

1.1.1 Kättingslaga

Kättingslagans grundprincip innefattar två kättingar fästa vid ett rotorhuvud som roterar i hög hastighet (figur 2).



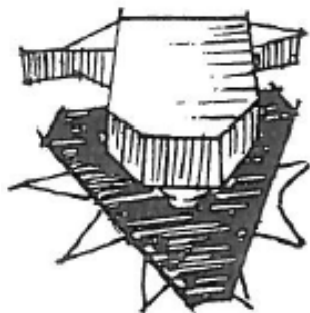
Figur 2. Kättingslaga, roterande kättingar monterade i ett rotorhuvud (Nielsen Gulis, 1995).

Figure 2. Chain beater, rotating chains mounted in a rotor head.

Vegetationen slås av och mals även ned i olika grad beroende på kedjans dimension och rotationshastighet, kraften med vilken rotorhuvudet drivs samt i vilken hastighet aggregatet framförs. Då trädstammarna slås av bildas en söndertrasad snittyta på stubbarna (Nielsen Gulis, 1995). De vanligaste kedjedimensionerna som används vid röjning är 10 mm respektive 13 mm och valet bestäms av vilken typ av vegetation som skall röjas samt hur mycket stenar som finns i vägslänten. Den klenare kedjedimensionen slår gräsartad vegetation bättre och används exempelvis vid landsvägar där röjningsintervallerna är kortare och röjningstygden lättare. Den klenare kedjedimensionen är dock känsligare för röjning i sten då kedjan lättare går av. Den grövre kedjan används vid tyngre röjning exempelvis vid röjning av skogsbilvägar, där vegetationen är mer vedartad och förekomsten av stenar mer frekvent. (Pettersson, 2009, pers. komm.).

1.1.2 Klingaggregat

Ett klingaggregat avskiljer vegetationen med hjälp av en roterande klinga. Klingan kan vara olika utformad, såväl cirkelformad som tvåbladig eller trekantig (figur 3).



Figur 3. Klingaggregat, här med trekantig klinga (Nielsen Gulis, 1995).

Figure 3. Blade aggregate, here a three-cornered blade.

Figur 3 visar en trekantig klinga med ett tandat mothåll monterat undertill. Då aggregatet framförs trycks vegetationen mot tänderna i mothållet vilket gör att vegetationen i det närmaste skärs av. Vegetationen mals inte ned i någon hög utsträckning vilket ger en möjlighet att tillvarata den bortröjda vegetationen (Nielsen Gulis, 1995).

1.1.3 Slaghack

Slaghackens utformning varierar mellan olika fabrikat. Dess röjningsprincip utgörs av en snabbt roterande horisontell axel försedd med slagor, med olika utformning, som avskiljer och mal ned vegetationen (Nielsen Gulis, 1995).

1.2 Mål

Målet med detta arbete var att undersöka vilken kättingslaga som bäst lämpar sig och är mest kostnadseffektiv vid buskröjning längs skogsbilvägar med olika röjningssvårigheter. Undersökningen baseras på en tidsstudie av två kedjeaggregatstyper som används vid buskröjning inom Holmen Skogs region Örnsköldsvik. Utifrån kravspecifikationen har dessa utfört röjningsarbete av tre olika arbetssvårigheter med påföljande kvalitetsuppföljning. Resultaten av analys med avseende på produktion, kvalitet samt teoretiska kostnader för respektive aggregat avses kunna användas som stöd vid upphandlingar av buskröjningstjänster inom Holmen Skog.

2 Material och metod

Litteraturstudier i ämnet visade sig vara relativt svårt då det inte fanns mycket material skrivet om buskröjning längs vägkanter. Ungskogsröjning i bestånd är däremot studerat och i de fall paralleller kunnat dras till detta ämne har fakta hämtats från röjningsförsök med skoglig inriktning. Vägverket och Banverket delar problemet med oönskad vegetation och har sammanställt en del material vars ursprungskällor även använts i detta arbete.

De sökord som användes vid litteratursökning var: Slyröjning vägkant*, buskröjning skogsbilväg*, Buskröjning vägar, Slyröjning vägar, vägunderhåll* busk*, Röjning* vägkant*, Vägunderhåll, Röj* väg*, Mowing* road*, Mowing* forest road* slashing, forest road cleaning.

Tidsstudierna genomfördes längs tre skogsbilvägar på distrikt Norsjö inom Holmen Skogs region Örnsköldsvik. Inventering och tidsstudier genomfördes under oktober 2009.

2.1 Maskinkombinationer använda vid tidsstudien

Antalet kombinationer av basmaskiner och aggregat som förekommer inom Holmen Skogs verksamhetsområde är mycket stort. Bland de aggregat som förekommer finns såväl lättare som tyngre konstruktioner varav vissa är serieproducerade medan andra är mer eller mindre hemmabygga. För att kunna skapa en bild av skillnaderna mellan denna uppsjö av basmaskiner och aggregat valdes två ekipage med relativt stora skillnader vad gäller såväl storlek på basmaskin som storlek på aggregat. Gemensamt för båda aggregaten var dock att kättingslageprincipen nyttjades. Enkelt uttryckt var de två ekipagen ett ”lätt”, med en lättare traktor utrustad med ett lätt och lite enklare aggregat, medan det andra ekipaget var ”tungt” och bestod av en tyngre traktor och ett tyngre, större och mer avancerat aggregat.

Den lättare basmaskinen var en jordbrukstraktor av modell Case IH Mx135 (6,2 ton, 135 hk), medan det tyngre ekipagets basmaskin var en hjullastare av modell JCB 426 (13,5 ton, 170 hk) (tabell 1).

Beträffande aggregaten för de två ekipagen fanns tre grundläggande skillnader, förutom storleken, vad gäller upphängning, drivning och manövreringsmöjligheter/flexibilitet (tabell 2).

Tabell 1. Tekniska data för basmaskinerna som användes vid tidsstudien

Table 1. Technical data for the wheel loader and farm tractor that were used in the time study

Ekipagetyp	Typ	Modell	Vikt (ton)	Effekt (hk)	Årsmodell
Lätt	Jordbrukstraktor	Case IH Mx135	6,2	135	2000
Tungt	Hjullastare	JCB 426	13,5	165	2003

Tabell 2. Tekniska data över de aggregat som användes vid tidsstudien
Table 2. Technical data of the aggregates that were used in the time study

Ekipagetyp	Aggregat-modell	Upphängning	Drivning	Motorpaket	Kedja (mm)	Arbetsbredd (cm)	Räckvidd (m)	Pris (SEK)
Lätt	Optimal M160	Trepunktslyft	Mekanisk drift från kraftuttaget via remtransmission	-	10-13	165	3,8	80 000
Tungt	Slagkraft H210	Kran, SC85	Hydraulmotor, oljetryck från separat motorpaket	Craft 601, Ivecomotor 175 hk	10-13	210	8,5	700 000

2.1.1 Lätt aggregat

Det lättare aggregatet var av modell Optimal M160, ett aggregat som var fäst i jordbrukstraktorns trepunktslyft och drevs, via remtransmission, av traktorns kraftuttag (figur 4). Remtransmissionen skyddar traktorns och aggregatets transmission mot de variationer i belastning som uppstår vid röjning, genom att remmarna börjar slira vid för högt motstånd.



Figur 4. Optimalaggregatet med dess remtransmission. Remskyddet är borttaget för att visa remtransmissionen.

Figure 4. The Optimal aggregate with its belt transmission. The safety protection for the belt is removed to show the belt transmission.

De kravspecifikationer som krävs för den basmaskin som bär Optimal M160 är minst 60 hk (Niléhn, 2008) och en massa om minst 4 ton. Aggregatet i studien vägde 800 kg och var anpassat för kraftuttag mellan 540-1000 varv/minut (Anon. 2010b). Vid studien körde föraren på ett varvtal om cirka 970 varv/minut. De kedjedimensioner som normalt används på aggregatet är 10 mm eller 13 mm. Den klenare kedjan används om det är lättare typ av röjning, såsom gräs, och den grövre används vid tyngre röjning. Vid studien satt en 13 mm kedja på aggregatet. Aggregatets totala bredd var 1,8 meter men den tekniska slagbredden, det vill säga den totala längden på kedjan, uppmättes till 1,65 m. Armen som utgör upphängningen var ledad och aggregatet kunde således vinklas i vertikalled för att anpassa röjningen efter dikets vinklar.

2.1.2 Tyngre aggregat

Det tyngre aggregatet, av modell Slagkraft H210, var monterad i en vikarmskran, av modell SC85, på lastaren (figur 5). Aggregatet drevs av en 125cm³ hydraulmotor vars oljetryck produceras av ett separat motorpaket monterat på lastaren. Motorpaketet som drev detta aggregat var av modell Craft 601 vilket är baserat på en sexcylindrig Ivecomotor med en maxeffekt på motsvarande 175 hk.



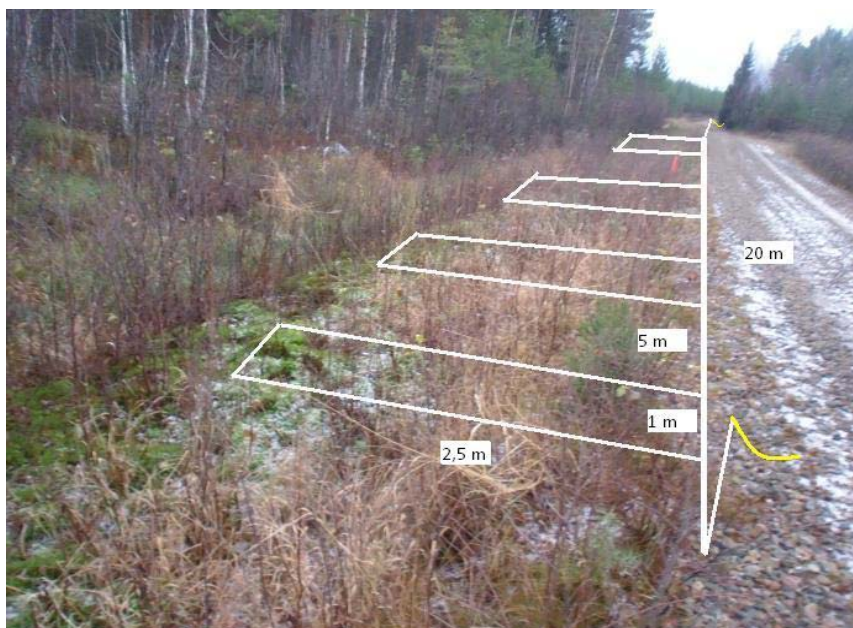
Figur 5. Slagkraftsaggregatet med dess kran och separata motorpaket.

Figure 5. The Slagkraft aggregate with its crane and engine unit.

Aggregatet hade massan 765 kg, kranen 665 kg och motorpaketet 1850 kg vilket gav en totalvikt på 3280 kg. Vikarmskranen ger en räckvidd, ut till yttersta kedjelänken, på 8,5 meter, 220 graders vridbarhet samt möjlighet att tilla aggregatet för att anpassa röjningen efter dikets vinklar. Den totala bredden på aggregatet var 2,37 m, medan den tekniska slagbredden uppges till 2,1 m (Anon, 2009b). Under röjningen vid tidsstudien användes en 13 mm kedja och föraren hade ett varvtal på motorpaketet på ca 1900-2000 varv/min.

2.2 Inventering före buskröjning

Vägansvarig på distriktet samt entreprenörerna gav förslag på vägar där alla tre arbetstygder potentiellt var representerade. För att ge de två buskröjningsekipagen så lika förutsättningar som möjligt valdes parcellerna ut efter en noggrann inventering. Tre arbetstygder urskiljdes för att representera lätt-, medel- och tung buskröjning med avseende på stammarnas diameter, höjd samt stamantal. Detta för att kunna jämföra huruvida kvalitet och produktion skiljde sig mellan de olika maskinekipagen beroende på hur tung buskröjningen var.



Figur 6. Schematisk bild över hur provytorna lades ut inom parcellerna.

Figure 6. Schematic drawing showing how the sample areas were placed in the parcels.

Parceller i form av släntsträckor om vardera 20 m uppmättes med tre upprepningar för vardera arbetstyngd och respektive maskinekipage. Således ingick totalt 18 parceller i studien. Parcellernas bredd motsvarade kravspecifikationens bredd på röjning, det vill säga 2,5 m (figur 6). Samtliga parceller inventerades noggrant med hjälp av bältestaxering. Bältestaxeringen omfattade totalt 20 % av respektive parcells yta och representerades av fyra stycken, en meter breda, områden som lades ut vinkelrätt mot vägens sträckning. Den första ytan valdes slumpmässigt inom den första femmeterssträckan varpå resterande ytor lades ut med fem meters mellanrum i förhållande till den första ytan. Ytorna lades ut med början från vägkanten, eller innerdikets början, där vegetationen började, vilket gjorde att vissa ytor började någon decimeter in i vägen där buskarna vuxit in i vägen.

Inom bältesytorna totalklavades samtliga stammar med dataklave (Haglöfs Mantax Digitech), där dimension och trädslag angavs, och var femte träd som klavades höjdmättes. Klavningen skedde på den, enligt kravspecifikationen, högsta tillåtna stubbhöjden, 20 centimeters höjd, varifrån även höjdmätningen utfördes. Då vegetationen var mycket tät användes en ram, gjord av trälistor, med mått som motsvarade bältesytans (1 X 2,5 meter) för att avgöra huruvida en stam i gränsområdet var inom ytan eller ej.

Grundläggande krav för samtliga parceller var att buskröjningen skulle gå att utföra med ett gott resultat vilket innebar att samtliga ytor hade en tydlig släntlutning samt att inga hinder i form av exempelvis stenar/block fick förekomma. För att underlätta tidsstudien märktes parcellernas början respektive slut upp med märkfärg samt snitselband. Även inventeringsytorna inom parcellerna märktes upp genom att märkfärg sprayades längs den ram som användes vid inventeringen, vilket gjorde att ytorna kunde urskiljas och kvalitetsuppföljas även efter röjningen.

Det är naturligtvis omöjligt att få samtliga parceller inom samma arbetstyngd att ha exakt samma egenskaper vad gäller diameter, stamantal, trädslagsfördelning och höjd. För att praktiskt kunna genomföra studien tilläts vissa variationer mellan de ovan nämnda parametrarna. Det viktigaste var att se till att den sammanlagda arbetsbelastningen inom

parcellerna var tillräckligt lika för att inte fälla avgöranden vid utvärderingen av de olika aggregaten. En subjektiv bedömning av den totala arbetstyngden för parcellerna gjordes för att bedöma huruvida de var tillräckligt lika varandra. Då stamantal och diameter till största delen avgör massan på träden, det vill säga arbetstyngden, gjordes en avvägning mellan dessa parametrar för att bedöma huruvida en parcells egenskaper, inom rimliga gränser, var lik de övriga parcellerna inom samma arbetstyngd. Exempelvis kunde ett lägre stamantal i en parcell uppvägas av en högre medeldiameter på stammarna.

2.3 Inventeringsresultat

Det initiala tillståndet i parcellerna som buskröjdes redovisas i tabell 3 och 4. Som synes varierade dessa parceller något vad gäller diameter, höjd och stamantal, och de största variationerna fanns i de tyngre röjningsklasserna, medel och tung. Genomgående för dessa är att parcellerna som det lätta aggregatet röjde hade lägre stamantal men istället högre medeldiameter. Dessa egenskaper bedömdes påverka röjningstyngden i liknande grad och således bör arbetstyngden på röjningen, som de olika maskinerna utförde, varit ungefär densamma. En subjektiv bedömning är dock att de ytor med medeltung och tung röjning som det tunga ekipaget röjde hade en något tyngre karaktär än dem som det lätta ekipaget röjde, främst i den tyngsta röjningsklassen.

Tabell 3. Parcellernas egenskaper enligt objektiv bältesinventering, lätt ekipage

Table 3. The study units' characteristics according to the objective belt inventory, light equipage

Arbetstyngd	Parcell	Medel- diameter (mm)		Medel- höjd (cm)	Antal Stammar (n/ha)	Andel Tall (%)	Andel Gran (%)	Andel Björk (%)	Andel Övr. Löv (%)
		Aritmetiskt	GDV*	Medel					
Lätt	1	5,4	7,5	64,8	252 000	74,2	0,8	21,8	3,2
	2	5,4	6,6	69,6	214 000	96,7	-	2,8	0,5
	3	5,2	6,7	61,4	181 000	60,7	0,6	37,0	1,7
Medel	4	14,9	21	139,5	78 000	64,1	-	32,1	3,8
	5	13,3	22,7	139,2	89 000	73,6	2,2	4,4	19,8
	6	12	19,9	141,4	87 000	70,1	-	16,1	13,8
Tung	7	12,8	26,4	218,9	87 000	55,7	-	-	44,3
	8	13,7	29,3	189,1	91 000	44,0	-	2,2	53,8
	9	14,1	28,7	182,8	98 000	27,5	19,4	23,5	29,6

* Grundtyevägd medeldiameter

Tabell 4. Parcellernas egenskaper enligt objektiv bältesinventering, tungt ekipage*Table 4. The study parcels characteristics according to the objective belt inventory, heavy equipage*

Arbetsstyngd	Parcell	Medel-diameter (mm)		Medel-Höjd (cm)	Antal Stammar (n/ha)	Andel Tall (%)	Andel Gran (%)	Andel Björk (%)	Andel Övr. Löv (%)
		Aritmetiskt	GDV*	Medel					
Lätt	1	5,5	7,4	53,4	271 000	2,6	3,7	53,1	40,6
	2	4,6	7	53,9	295 000	3,1	3,4	64,7	28,8
	3	4,5	6,7	65,3	274 000	0,7	2,9	72,6	23,8
Medel	4	9,8	13,3	131,5	133 000	0,8	1,5	76,7	21,0
	5	9,5	12,8	125,2	139 000	-	0,7	77,0	22,3
	6	8,5	11,9	114,1	119 000	1,7	5,0	93,3	-
Tung	7	15,4	27,1	176,8	107 000	5,6	38,0	32,4	24,0
	8	15,6	25,5	176,4	127 000	11,0	32,3	35,4	21,3
	9	13,8	23,8	191,5	113 000	8,0	16,8	31,9	43,3

* Grundtyevägd medeldiameter

Nämnas bör att stamantal, medelhöjd och medeldiameter i den tyngsta röjningsklassen påverkats av de allra minsta stammarna (<0,5m) som mättes in i parcellerna. Samtliga stammar mättes och då det fanns ett antal mycket små stammar under vegetationen som i huvudsak representerar den tunga röjningen, gör dessa att stamantalet var något högt och medelhöjd och medeldiameter var något lågt i jämförelse med hur det visuellt såg ut i denna röjningsklass. Dessa små stammar förekom dock inom samtliga tunga röjningsklasser, varför de inte borträknats.

Figur 7, 8 och 9 är foton tagna i samband med inventeringen inför tidsstudien och ger en bild av hur de olika röjningsklasserna såg ut.

**Figur 7.** Exempel på hur den lättaste röjningsklassen i studien såg ut. En ljus färgad referenssticka som är 120 cm hög syns i den vänstra delen av bilden.

Figure 7. An example of what the easy class could look like. A bright colored 120 cm high stick is seen in the left part of the picture.



Figur 8. Exempel på hur medeltunga röjningsklassen i studien såg ut. En ljus färgad referenssticka som är 200 cm hög syns i mitten av bilden

Figure 8. An example of what the middle class could look like. A bright colored 200 cm high stick is seen in the middle of the picture.



Figur 9. Exempel på hur den tyngsta röjningsklassen i studien såg ut.

Figure 9. An example of what the heavy class could look like.

2.4 Röjning

Entreprenörerna som utförde röjningen var båda erfarna och hade lång erfarenhet av såväl röjning som de maskiner de körde. Ägaren och föraren av det lättare röjningsekipaget hade fem års erfarenhet av buskröjning, varav två med Optimalaggregatet, medan ägaren och föraren av det tyngre ekipaget hade nio års erfarenhet av buskröjning med Slagkraftsaggregat. Båda förarna var således mycket väl förtrogna med sina maskiner och den röjning de utförde. I studien røjde förarna enligt den kravspecifikation som Holmen Skog tog fram inför tidsstudien.

För att klara röjningsbredden, 2,5 meter, røjde båda maskinekipagen två aggregatsbredder. Först røjdes ett slag närmast vägen, med en marginal för att även røjde de buskar som växt in i vägen, följt av ett slag ner mot dikesbotten. Man hade en viss överlappning mot föregående slag för att undvika orøjda stammar i skarven mellan de två slagen. I de fall där

en subjektiv bedömning gav att kravspecifikationen ej uppfylldes efter de två första slagen røjdes ytterligare slag tills røjningen bedömdes klara kraven.

2.5 Tidsstudiens upplägg

Tidsstudiens karaktär var relativt enkel och handlade uteslutande om att mäta den tid det tog för respektive maskinekipage att røja de uppmätta parcellerna om 20 m. Då vardera maskinekipage røjde två slagbredder mättes tiden således för varje enskilt slag. Tidmätningen började då centrum på røjningsaggregatet passerade den målade startmarkeringen och avslutades då centrum på røjningsaggregatet passerade parcellens slutmarkering. För tidmätningen användes ett digitalt tidtagarur av märket Origo 80. Den produktivitet som framräknats i denna studie är G_0 tid, d.v.s. den produktivitet maskinekipagen har när de faktiskt røjer, alltså varken flyttid eller tid för oväntade produktionsstopp.

2.6 Inventering efter buskrøjning

När tidsstudien var genomförd kontrollmättes ytorna initialt, stickprovsmässigt, för att subjektivt bedöma om kravspecifikationen var uppfylld vad gäller stubbhöjd och røjningsbredd. Sedan följde en noggrann kvalitetsuppföljning där samtliga parceller bältesinventerades objektivt. Vid bältesinventeringen användes samma provytor som inventerades innan røjningen utfördes för respektive parcell (figur 6). Innan inventeringen började rensades ytorna från alla stamrester och kvistar som täckte stubbarna. Ramen som användes vid den första inventeringen lades ut enligt de uppritade markeringarna och samtliga stubbar inom ramen höjdmättes. Vid höjdmätningen av stubbar användes samma dataklave som tidigare men med skillnaden att den nu användes för vertikal mätning (figur 10).



Figur 10. En digital dataklave användes för höjdmätning av stubbarna.

Figure 10. A digital caliper was used to measure height of the stumps.

Vid höjdmätningarna fanns två faktorer att ta hänsyn till för att det skulle bli så rättvisande som möjligt. Den ena faktorn var att markytan i slänterna var något ojämn och gropig och mätningar utifrån denna skulle ge olika utgångshöjder, eftersom aggregatet vilar på plana sidor och därför inte kommer åt ojämnheterna. Höjdmätningen skedde därför utifrån de

högsta punkterna inom en yta, vilka således räknades som marknivå. Den andra faktorn var att vinklarna på ett dike varierar och röjningsaggregatets sidor är raka. Exempelvis, om aggregatet är brett och diket smalt, så att aggregatets sidor vilar på väggkanten samt dikesbotten, går det inte att röja i en negativ vinkel i slänten mellan väggkanten och dikesbotten. Båda dessa problem undveks genom att två raka trälister, med en längd som motsvarade aggregatets bredd, lades ut på de högsta punkterna inom provytan med en överlappning som ungefärligen motsvarade den som aggregatet hade vid röjningen. Listerna representerade då den marknivå utifrån den höjd som aggregaten potentiellt hade möjlighet att röja ned stubbarna till.

Röjningsbredden mättes i ett horisontellt plan utifrån väggkanten, där provytan började, till ytterst slagna stam. De stammar som visade sig finnas kvar efter röjningen noterades och höjdmättes. I de provytor där röjningsbredden var bredare än provytan räknades endast de oslagna stammarna som låg inom provytan.

3 Resultat

3.1 Genomförande

Generellt behövdes bara de två planerade slagen för att genomföra röjningen, förutom för det lättare aggregatet som inte uppfyllde kravspecifikationen med två slag på den tyngsta röjningen (figur 11).



Figur 11. Cirka 40 cm höga stubbar efter tre slag med det lätta aggregatet.

Figure 11. Ca. 40 cm high stumps after three cuts with the light flail.

I parcell 7 kördes ett extra slag för att slå ned tre grupper av stubbar som var ca 30 cm höga. I parcell 8 fanns en del ej slagna stammar samt flertalet 30 cm höga stubbar vilket krävde två extra slag för att komma under högsta stubbhöjd enligt kravspecifikationen.

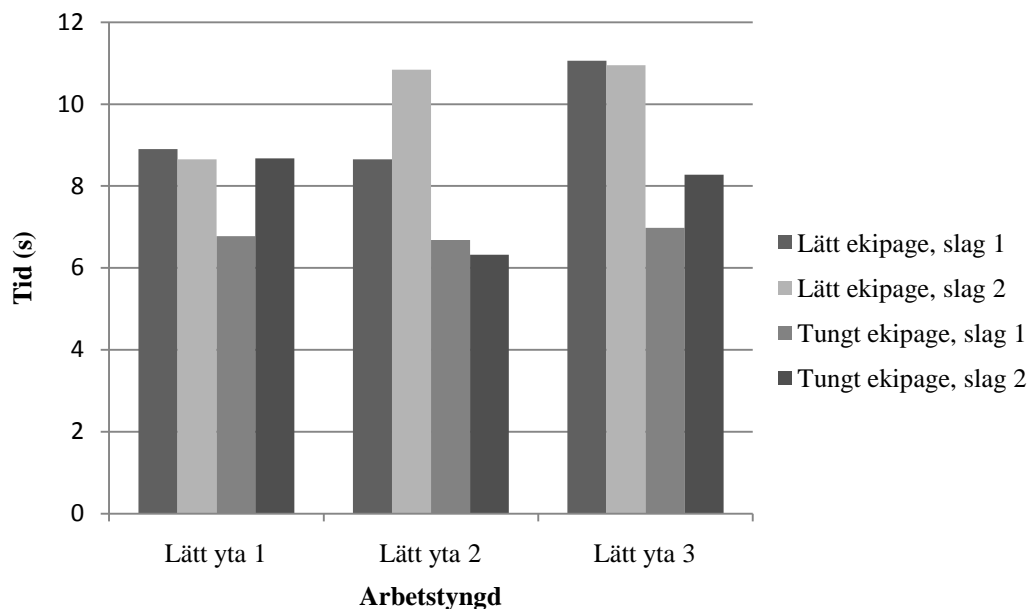
Parcell 9 hade de grävsta stammarna och där krävdes totalt fem slag för att uppfylla kravspecifikationen. Initialt kördes tre slag då där var grova stammar som inte flisades sönder. Vid ett tillfälle använde föraren skopan på traktorn för att styra ut ett stort knippe med stammar i diket eftersom det blev för mycket volym för aggregatet att slå sönder. Då de sönderslagna stammarna ackumulerades i aggregatet blev stubbarna mycket höga, varför man slog ytterligare ett slag. Vid kontrollmätningarna visade det sig dock att det fanns stubbar på 45 cm samt ej slagna stammar varför man klippte ytterligare 2 slag – totalt fem slag på denna parcell.

För såväl den medeltunga-, som tunga röjningen blev motståndet på det lätta aggregatet för stort vid ett flertal tillfällen vilket fick till följd att drivremmarna började slira. För att åter få upp varvtalet på aggregatet fick då föraren sakta ner farten och ibland även lyfta aggregatet något, varpå remmarna slutade slira och varvtalet gick upp. Detta tog visserligen lite tid, men föraren var van och det flöt på bra ändå.

3.2 Tidsåtgång

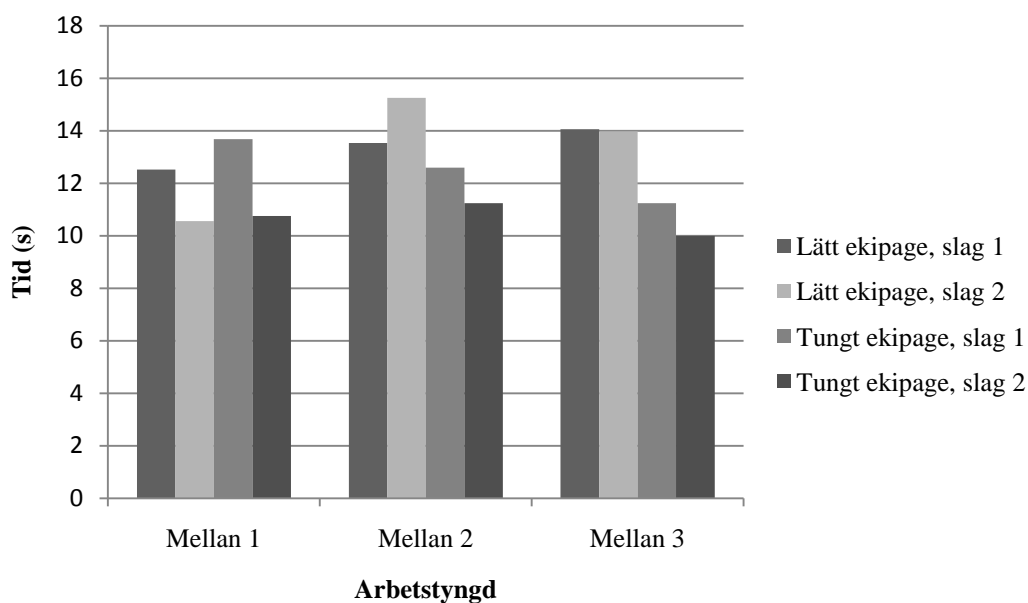
Den tid det tog för maskinekipagen att röja provytorna i tidsstudien redovisas uppdelat per röjningsslag och röjningsklass i figurerna 12-15. Tiderna redovisas i diagramform för att synliggöra variationerna mellan tiderna.

Som synes i figur 12 är skillnaderna relativt små mellan ekipagen för den lättaste röjningsklassen, även om det tyngre ekipaget hade de kortaste tiderna för samtliga slag i alla provytor. Tiderna för det lättare ekipaget låg mellan 8,7–11,1 sekunder och motsvarande siffror för det tyngre ekipaget var 6,3–8,7 sekunder.



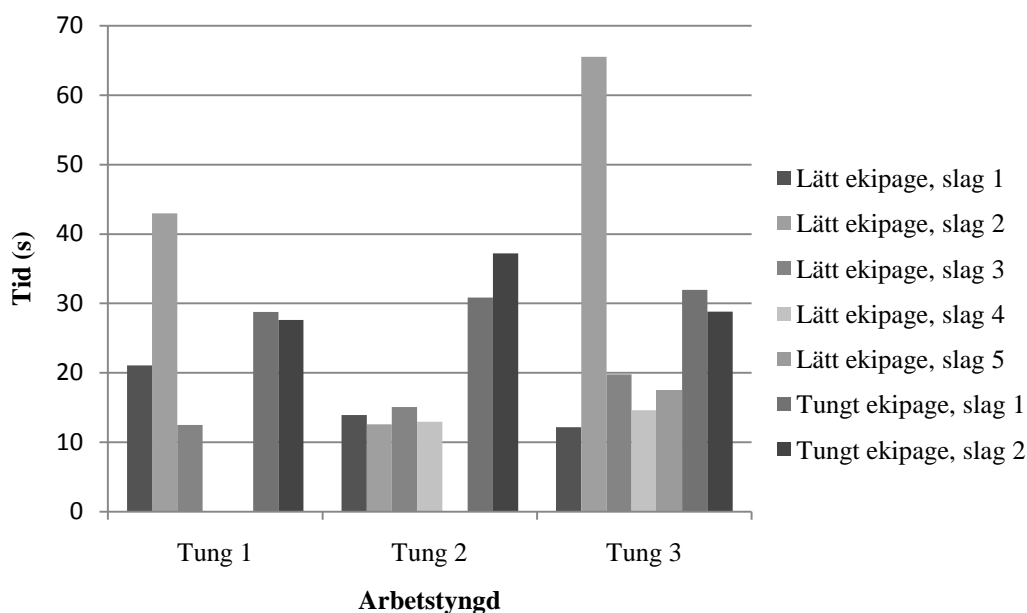
Figur 12. Uppmätta tider per 20 m röjningsslag för respektive parcell i den lättaste röjningsklassen.
Figure 12. The recorded times for the easy class, displayed individually for each drive in the study units.

I figur 13 redovisas tiderna för den mellantunga röjningsklassen. Tiderna för det lättare ekipaget varierade mellan 10,5-15,3 sekunder och det tyngre ekipagets tider var 10,0-13,6 sekunder.



Figur 13. Uppmätta tider per 20 m röjningsslag för respektive parcell i den medeltunga röjningsklassen
Figure 13. The recorded times for the middle class, displayed individually for each drive in the study units.

I figur 14 redovisas de tider som uppmättes för röjningsslagen för den tyngsta röjningsklassen. Som synes varierade antalet slag såväl mellan de olika ekipagen som mellan olika provytor med samma ekipage. Det lättare aggregatet kördes i 3-5 slag per provyta för att uppfylla kravspecifikationen, medan det tyngre aggregatet uppfyllde kvalitetskraven på två slag. Tiderna för det lättare ekipaget varierade i denna röjningsklass mellan 12,5-65,5 sekunder och det tyngre ekipagets tider varierade mellan 27,6-37,2 sekunder.



Figur 14. Uppmätta tider per 20 m röjningsslag för respektive parcell i den tunga röjningsklassen
Figure 14. The recorded times for the heavy class, displayed individually for each drive in the study units.

I tabell 5 visas en sammanställning av de totala tiderna som uppmättes i tidsstudien för respektive röjningstyngd och aggregat.

Tabell 5. De totala tiderna som uppmättes för respektive röjningstyngd och ekipage
Table 5. The total times displayed for each clearance class and equipage individually

Ekipagetyp	Lätt yta 1	Lätt yta 2	Lätt yta 3	Medel 1	Medel 2	Medel 3	Tung 1	Tung 2	Tung 3
Lätt	17,55	19,49	22,01	23,08	28,8	28,03	76,52	54,54	129,64
Tungt	15,46	13,00	15,26	24,44	23,84	21,25	56,41	68,04	60,79

3.3 Kvalitet

Tabell 6 och 7 visar resultatet av kvalitetsuppföljningen efter röjning för respektive aggregat.

Det lättare ekipaget lämnade genomgående högre stubbar efter röjning och antalet stubbar högre än 20 cm var relativt högt för de två tyngre röjningsklasserna. Medelhöjden är dock godkänd enligt kravspecifikationen. Direkt efter röjningen såg det ut som att samtliga stammar var bortröjda men innan kvalitetsuppföljningen genomfördes rensades provytorna på alla buskresten varpå det i vissa fall, främst där det lättare ekipaget röjt, reste sig små

oslagna trädstammar som varit nedtryckta av buskresterna. Antalet ej röjda stammar samt medelhöjden på dessa redovisas i tabell 6 och 7.

Röjningsbredden uppfylls inte riktigt enligt kravspecifikationen för tre av parcellerna för det lätta aggregatet, det fattas 10 centimeter. Vid tidsstudien genomfördes provmätningar för att kontrollera att kravspecifikationen uppfylldes, men av tidbesparande skäl genomfördes inte tillräckligt noggranna mätningar för att upptäcka detta medan röjningsekipaget fortfarande var på plats. Möjligheten att röja bredare med ytterligare slag fanns således inte.

Tabell 6. Uppföljning av kvalitet efter röjning enligt objektiv bältesinventering, lätt ekipage
Table 6. The result of the quality follow-up according to the objective belt inventory, light equipage

Arbetstygnd	Parcell	Stubbhöjd	Antal stubbar >20 cm	Antal ej röjda stammar	Höjd ej röjda stammar	Röjningsbredd
		(cm)	(n/ha)	(n/ha)	(cm)	(m)
		Medel			Medel	Medel
Lätt	1	8,6	5 000	10 000	63,5	2,5
	2	9,1	1 000	0	-	2,6
	3	9,6	4 000	8 000	36,8	2,6
Medel	4	14,2	9 000	3 000	102,5	2,5
	5	17,1	21 000	9 000	75,6	2,4
	6	16,4	15 000	6 000	63,8	2,4
Tung	7	15,9	10 000	1 0000	135,9	2,4
	8	14,4	11 000	3 000	40,0	2,6
	9	15,3	10 000	4 000	124,7	2,6

Tabell 7. Uppföljning av kvalitet efter röjning enligt objektiv bältesinventering, tungt ekipage
Table 7. The result of the quality follow-up according to the objective belt inventory, heavy equipage

Arbetstygnd	Parcell	Stubbhöjd	Antal stubbar >20cm	Antal ej röjda stammar	Höjd ej röjda stammar	Röjningsbredd
		(cm)	(n/ha)	(n/ha)	(cm)	(m)
		Medel			Medel	Medel
Lätt	1	6,7	0	1 000	40,0	3,5
	2	8,2	0	0	-	3,5
	3	6,4	0	0	-	3,2
Medel	4	9,8	0	0	-	3,3
	5	9,6	3 000	0	-	3,3
	6	7,8	0	0	-	3,5
Tung	7	9,3	0	0	-	3,1
	8	11,5	1 000	0	-	2,9
	9	11,1	5 000	0	-	3,4

3.4 Produktivitet

Produktiviteten vad gäller buskröjning kan mätas på många sätt. Det övergripande målet är dock ofta, så länge som arbetet uppfyller kravspecifikationen, hur många kilometer vägs slänt som röjs, alternativt hur många kvadratmeter vägkant som röjs per timme. I tabell 8 redovisas den produktivitet som uppmättes vid tidsstudien som medeltal av de tre upprepningar som studerades av de olika röjningsklasserna. Den hastighet som redovisas i

tabell 8 är medelhastighet för färdigröjd väg. Med färdigröjd väg menas dubbla slagbredder på båda sidor av vägen.

Tabell 8. Uppmätt produktivitet vid tidstudien. Hastigheten motsvarar antal kilometer färdigröjd väg (två vägsidor) per timme

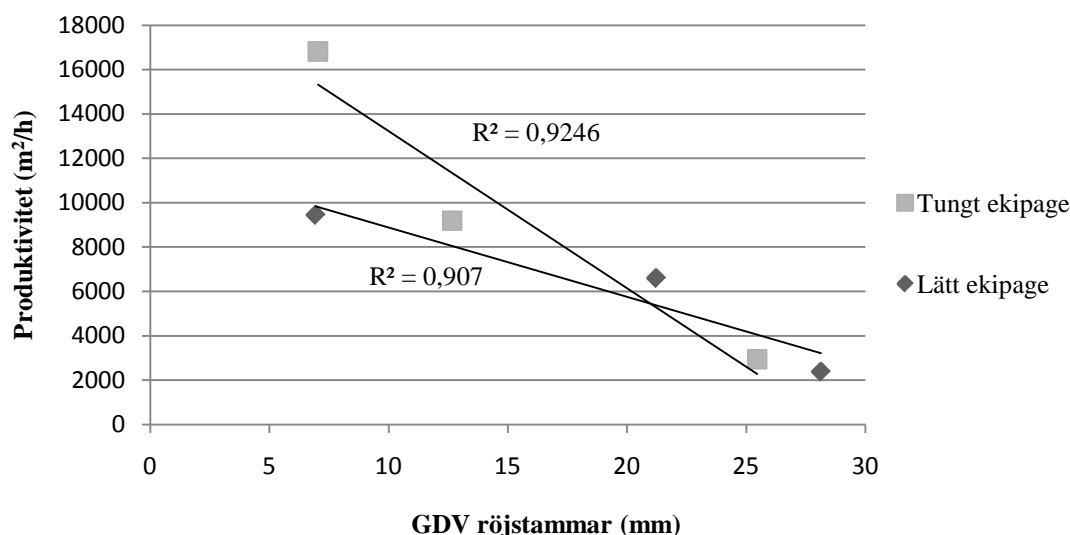
Table 8. The productivity measured in the time study. The speed equals kilometers cleared road per hour (two roadsides)

Ekipagetyp	Arbetsstyngd	Hastighet (km/h, färdigröjd väg)	Röjningsbredd (m)	Areal (m ² /h)
Lätt	Lätt	1,84	2,56	9 439
Tungt	Lätt	2,49	3,38	16 820
Lätt	Medel	1,36	2,42	6 596
Tungt	Medel	1,56	3,37	10 498
Lätt	Tung	0,47	2,54	2 382
Tungt	Tung	0,59	3,13	3 669

Som visas i tabell 8 har det tunga ekipaget genomgående en högre medelhastighet och uppnår också en större slagbredd än det lätta ekipaget, vilket även gör att produktiviteten är högst för det tunga ekipaget för samtliga arbetsstyngder.

Tilläggas bör att produktiviteten för det lätta ekipaget är baserad på ett medeltal av 12 enkelslag för den tyngsta röjningen medan det tunga ekipagets produktivitetssiffror är baserade på ett medeltal av sex enkelslag för samtliga arbetsstyngder.

För att sätta produktiviteten i relation till röjningstyngden visas i figur 15 medelproduktivitet, mätt i m²/h, som respektive aggregat uppnådde i relation till den grundtyevägs medeldiametern på röjningsstammarna.



Figur 15. Produktionslinje för aggregaten i relation till röjstammarnas diameter.

Figure 15. Production line for the aggregates in relation to the diameter of the cleaning stems.

3.5 Kostnader

För att skapa en bild av de kostnader som uppstår när man anlitar en entreprenör för att röja, gjordes två olika kostnadsberäkningar. Den första kostnadsberäkningen är den faktiska kostnaden som de entreprenörer som deltog i produktivitetsstudien hade som ersättning när de utförde röjningen. Den andra är en teoretiskt framräknad kostnad vars värde är uträknat med hjälp av en modell för maskinkostnadskalkylering avsedd för skogsmaskiner (Nordfjell, 2006). Entreprenörerna fick under tidsstudien ersättning per timme. Kostnaden per timme har med hjälp av de i studien uppmätta produktivitetssiffrorna omräknats till kr/km och kr/m², och då produktiviteten varierade mellan de olika röjningsvårigheterna finns kostnaderna specificerade per röjningsklass, lätt-, medeltung- och tung.

Förutsättningarna för de teoretiska maskinkostnadskalkyleringarna (tabell 6) har varit samma för de båda ekipagen när det gäller ränta och systemtid, men i övrigt har siffror vad gäller avskrivningstid, restvärde, investeringsbelopp och servicekostnader hämtats från såväl förfrågningar hos återförsäljare som genom diskussion med entreprenörerna. Kalkylerna avser att maskinerna körs i enkelskift mellan juni-oktober och baseras på nyinvesteringar av motsvarande maskinekipage som de som användes i studien. Kostnaderna tar inte hänsyn till bredare röjning i kurvor eller kostnad för flytt mellan olika röjningsobjekt, utan i likhet med produktionsstudien avser kostnadskalkylen G₀-tid.

Tabell 6. Specificering av de data som ligger till grund för den teoretiska kalkyleringen (exklusive moms)

Table 6. The data used in the theoretical calculations (excluding VAT)

	Case IH	JCB	Optimal M160	Slagkraft H210
Investering	720 000	1 040 000	64 000	560 000
Restvärde, kr	360 000 (50%)	520 000 (50%)	16 000 (25%)	280 000 (50%)
Ekonomisk livslängd, år	7	7	3	7
Kalkylränta, %	4	4	4	4
Systemtid, h/år	1 400	1 400	1 000	1 000
Dieselskostnad, kr/l	7,2	7,2	-	7,2
Dieselförbrukning, l/h	9	12	-	6
Förelön, kr/h	350	350	-	-
Fast underhållskostnad, kr/år	20 000	20 000	5 000	10 000
Rörlig servicekostnad, kr/h	12	17	5	25
Administrativa kostnader, kr/år	20 000	20 000	-	-
Försäkring, kr/år	2 000	15 000	-	-
Kätting, kr/h	-	-	17,5	23
Total Kostnad, kr/h	510	566	45	164

Enligt ett ställningstagande från Skatteverket (Anon. 2005) finns möjlighet att återfå 79 % av koldioxidskatten på det drivmedel som förbrukas av arbetsmaskin och tillkopplat aggregat inom skogsbruksverksamhet. Denna skattereduktion ansöker man om via Skatteverket och kan även sökas retroaktivt från år 2007 (Återbetalningsansökan 777). Koldioxidskatten motsvarar 3013kr/m³ på ren diesel, men då diesel normalt innehåller 5 % RME (rapsmetylester) som är skattebefriad är det 2862kr/ m³ man kan återfå 79 % av. Detta reducerar drivmedelskostnaden i kalkylen med cirka 2,26 kronor per liter (Rydén, 2010, pers. komm.)

Tabell 7. Kostnad för röjning omräknad i kr/km**Table 7.** The costs in kr/km

	Timkostnad (kr/h)	Kostnad Lätt (kr/km)	Kostnad Medel (kr/km)	Kostnad Tung (kr/km)
Marknadspris, lätt ekipage	540	293	396	1150
Marknadspris, tungt ekipage	900	362	577	1535
Kalkylerad kostnad, lätt ekipage	555	301	407	1182
Kalkylerad kostnad, tungt ekipage	730	294	468	1245

Tabell 8. Kostnad för röjning omräknad i kr/m²**Table 8.** The costs in kr/m²

	Timkostnad (kr/h)	Kostnad Lätt (kr/m ²)	Kostnad Medel (kr/m ²)	Kostnad Tung (kr/m ²)
Marknadspris, lätt ekipage	540	0,06	0,08	0,23
Marknadspris, tungt ekipage	900	0,05	0,09	0,25
Kalkylerad kostnad, lätt ekipage	555	0,06	0,08	0,23
Kalkylerad kostnad, tungt ekipage	730	0,04	0,07	0,20

Enligt kalkylerna så överstiger kostnaderna för det lätta ekipaget den marknadsmässiga prissättningen av tjänsten, medan de kalkylerade kostnaderna för det tunga ekipaget är cirka 130 kronor lägre än priset. I kostnadskalkylerna finns inte någon vinst inräknad, de speglar endast kostnaderna.

4 Diskussion

De inventeringar och de tidsstudier som ligger till grund för denna rapport bör kunna användas som ett stöd vid upphandling av buskröjningstjänster och däribland besvara en del frågor om vad som kan vara bra att tänka på när det gäller buskröjning. I detta stycke diskuteras studiens upplägg, hur resultatet av studien kan användas samt tankar om hur strategin för buskröjning kan utvecklas.

4.1 Kritik av studien

Då det finns många aggregatstyper och potentiella basmaskiner kan det kanske tyckas som ett litet underlag att dra slutsatser utifrån då tidsstudien endast är baserat på två maskinekipage. Det viktigaste med studien är därför inte att göra definitiva antaganden utifrån just de två ekipage som studerats, utan snarare att belysa skillnader mellan ett enklare och ett mer avancerat aggregat. Kan ett enkelt och billigt aggregat mäta sig mot ett mer avancerat och dyrt aggregat vad gäller kvalitet och kostnad? Vad är respektive aggregattyps styrkor och svagheter? Maskinkombinationerna som studerades valdes då de utförde uppdrag för Holmen Skogs räkning under hösten 2009, samtidigt som de bedömdes ha egenskaper som liknar många aggregat som entreprenörer använder sig av. Studiens mål var dock varken att lyfta upp eller klanka ned på något fabrikat, utan snarare att objektivt beskriva dem och dess egenskaper.

Det visade sig vara svårt att hitta längre sträckor med liknande vegetation och där slänterna var fria från hinder i form av stenar etc. Målet med inventeringarna före tidsstudien var att urskilja så lika parceller som möjligt, men att variationer förekommer mellan såväl provytor inom samma parcell som mellan parceller är oundvikligt. Bedömningen att provytorna var tillräckligt lika för att, utifrån tidsstudien, kunna dra slutsatser om maskinekipagens produktivitet var subjektiv och baserades på medeldiameter, höjd och stamantal.

Ingen hänsyn togs till trädslagsfördelningen mellan parcellerna i tidsstudien. Detta gjordes på grund av det begränsade urvalet av vägar för de studerade maskinekipagen och den arbetsinsats det skulle krävts för att hitta i det närmaste identiska parceller. Vid diskussion med de entreprenörer som genomförde röjningen vid tidsstudien framkom åsikter om vilka trädslag som var svårast att röja, men dessa skiljde sig en del åt varför det är svårt att dra slutsatser av detta. Variationer i trädslagssammansättning mellan parcellerna kan dock ha påverkat produktiviteten i tidsstudien.

Då kravspecifikationen krävde en röjningsbredd om 2,5 meter, var det denna bredd som inventerades såväl före- som efter tidsstudien. Emellertid röktes ofta bredder upp till 3,5 meter och hänsyn till den vegetation som fanns innan röjning, eller kvaliteten på röjningen, mättes aldrig utanför 2,5 meter. Hur vegetationen såg ut innan röjningen samt kvaliteten av röjningen utanför kan ha påverkat resultatet av studien. En bedömning är dock att vegetationen var likartad och inga iögonfallande skillnader på röjningskvaliteten noterades vid uppföljningen.

Den produktion som räknats fram för de olika aggregaten har i huvudsak med aggregatens kapacitet att göra, men som studien var utformad fanns utrymme för att den mänskliga faktorns påverkan på resultatet. De bägge förarna var, som framgår ovan, vana att röja och

vana vid maskinerna, men det går inte att komma ifrån att resultatet av studien skulle sett annorlunda ut om det var två helt andra förare som utfört röjningen. Ett exempel på hur den mänskliga faktorn kan ha haft betydelse för resultatet är hur en annan förare hade hanterat situationen i studien med det lättare aggregatet då det inte orkade med röjningen i den tyngsta röjningsklassen. Föraren i studien backade tillbaka och använde vid ett tillfälle skopan vid för att trycka ut ett risknippe som aggregatet inte orkade tugga upp.

4.2 Skillnader mellan röjningsekipagen

Det lätta aggregatet var monterat bak på basmaskinen vilket gjorde att basmaskinen var tvungen att köras ute på vägkanten för att slå det andra slaget. Vid behov av att röja upp sikten i en kurva eller av annan anledning röja en tredje eller fjärde slagbredd måste basmaskinen köras nere i själva diket för att nå ut. Med det kranmonterade, tunga, aggregatet når man 8,5 meter ut från centrum på basmaskinen vilket gör att denna kan stå kvar där vägen bär som bäst och ändå nå att röja bredare vid behov. Även att röja i brant lutning samt runt bomstolpar, eller andra hinder, underlättas om aggregatet är kranmonterat.

När tråddimensionerna var för grova, eller när stamantalet blev för högt, började drivremmarna på det lätta aggregatet att slira så att varvtalet på kedjorna blev för lågt och det orkade inte röja och mala ned stammarna. Här märktes en stor skillnad mot det tunga aggregatet vars motorpaket hade kraft nog att hålla uppe varven på kedjorna och röjningen gick därför smärtfritt oberoende av röjningstygnd.

Båda förarna som framförde röjningsekipagen vid tidsstudien hade lång erfarenhet av röjning och var vana vid sina maskiner, men deras körteknik skiljde sig något åt vilket jag tror kan ha påverkat resultatet av studien. Föraren av det lätta aggregatet höll en relativt hög hastighet vid såväl de lätta som de tyngre röjningsklasserna. Den lätta röjningen gick smärtfritt och önskat resultat uppnåddes direkt medan aggregatet inte riktigt orkade med den höga hastigheten vid den tyngre röjningen. Om man hållit en lägre hastighet vid de tyngre röjningarna tror jag att aggregatet hade orkat röja bättre och man hade kanske kunna undvika att köra om sträckor på grund av för hög stubbhöjd. Föraren av det tunga aggregatet anpassade i högre utsträckning hastigheten efter röjningstygnden och höll en sådan hastighet att aggregatet hann med att röja och mala ned stammarna allt eftersom.

De två basmaskinerna från studien kan sägas motsvara de maskiner som mest frekvent används för buskröjning. Även väghyvlar med kranmonterade röjningsaggregat används men dessa kan upplevas som onödigt stora och osmidiga för röjning längs skogsbilvägar. De används främst för röjning vid stora, belagda vägar. Tilläggas bör att det finns lösningar för kranmontage på stora jordbrukstraktorer, där kranen fästs på sidan i höjd med hytten och tunga aggregat kan då monteras på kranen. Den största skillnaden mellan de två studerade basmaskinerna är vikten, där hjullastaren väger mer än dubbelt så mycket som jordbrukstraktorn. Detta kan ha viss betydelse när det gäller röjning under förfallsperioder, då vägen bör bära den lättare jordbrukstraktorn bättre. En nackdel med jordbrukstraktorn utan kran är dock att den måste köra nära/på kanten av vägen där denna är svagare under dessa förfallsperioder, jämfört med hjullastaren som i detta fall hade en kran och kan köra på själva vägen där bärigheten är bättre.

Hjullastaren med kranmonterat aggregat har en bättre arbetsmiljö än jordbrukstraktorn med bakmonterat aggregat. Föraren i hjullastaren har aggregatet snett framför sig och kan sitta som vanligt och ha uppsikt över vägen, samtidigt som denne kan övervaka och justera röjningsaggregatet genom att vrida lite på huvudet. I jordbrukstraktorn, där aggregatet var monterat bak, skedde röjningen snett bakom traktorn varför föraren hela tiden tvingades att titta snett bakåt, över axeln, för att övervaka röjningen. Förutom påfrestningar på nacken av att vrida mycket på huvudet så har man på så vis sämre uppsikt över vad som händer på vägen framför maskinen. Detta ökar risken att missa såväl mötande trafik som hinder i vägsälanten (bomstolpar, stenar etc.). Det fungerar säkert bra att köra med det bakmonterade aggregatet under kortare perioder, men röja en hel säsong med den arbetsställningen kan inte vara något att rekommendera.

Som nämnts i produktöversikten finns ett stort antal hemmabygga buskröjningsmaskiner att tillgå. Den ursprungliga tanken för upplägget av tidsstudien var att även undersöka ett sådant ekipage, men då utförandet på dessa varierar kraftigt beroende på vem som byggt det och för vilken typ av röjning det var avsett för så uteslöts det i försöket. Istället kan man utifrån de data som finns presenterade om de studerade aggregaten dra slutsatser av hur ett eventuellt hemmabygge kan prestera. Väl konstruerade byggen kan säkerligen mäta sig med serieproducerade aggregat, vad gäller prestanda och kvaliteten på röjning, men det man bör beakta innan man anlitar en entreprenör med hemmabygge är konstruktionen, hållbarheten på konstruktionen samt risk för stillestånd på grund av avsaknad av serieproducerade reservdelar.

4.3 Produktivitet och kostnad

Produktiviteten kan mätas i såväl maxhastighet för att uppnå färdigröjd väg enligt kravspecifikationen, som i antalet röjda kvadratmeter per timme. Det tunga aggregatet röjde bredare än kravspecifikationen vilket borde ha påverkat dess medelhastighet och antalet röjda m^2/h . Frågan är hur medelhastigheten och antalet m^2/h skulle varit om man inte röjt bredare än kraven, genom att öka överlappet på det andra slaget. Troligen skulle en högre medelhastighet kunnat uppnås, samtidigt som man skulle röjt ungefärligen samma antal röjda m^2/h , vilket skulle ha minskat kostnaden per km färdigröjd väg.

Med de kostnader som finns redovisade i tabell 7 och 8 dras slutsatsen att med den prissättning som är ”marknadsmässig” så är det lätta ekipaget billigast såväl per kilometer färdigröjd väg som per m^2 . Frågan är dock huruvida de ersättningar som entreprenörerna i tidsstudien hade är marknadsmässiga eller ej.

Med tanke på att de teoretiskt kalkylerade kostnaderna för det lätta ekipaget överstiger den ersättning som entreprenören hade, så kan man ställa sig frågande huruvida det är rimligt. Det är föga troligt att en entreprenör röjer med en ersättning som gör att denne går med förlust. Förutsättningen i detta fall var att entreprenören hade röjningen som en bisyssla på sidan om en jordbruksverksamhet och andra entreprenaduppdrag. Denne hade således inte behov av att ”räkna hem” röjningen som en heltidssysselsättning och kunde därmed klara sig med denna låga ersättning.

Enligt Skogforsks *Kunskap Direkt* ligger priset för röjning med en jordbrukstraktor och ett enklare aggregat mellan 600-800 kronor per timme (Anon, 2010c.). Skulle man räkna med en kostnad i mitten av det intervallet för det lätta ekipaget, det vill säga 700 kr per timme,

skulle kostnaden per kvadratmeter bli dyrare för samtliga röjningstygnder och även för den lättaste röjningstygnden per kilometer färdigröjd väg, jämfört med det tunga ekipaget. Skillnaden i kostnad mellan de två tyngre röjningsklasserna per kilometer färdigröjd väg skulle även minska avsevärt mellan de båda aggregaten.

Kostnads kalkylerna är således relativt känsliga och man bör beakta att de marknadsmässiga priser som finns i detta arbete inte säkert svarar mot marknadens priser utan snarare skall ses som ett stickprov.

4.4 Röjningens kvalitet i förhållande till uppslag av stubbskott och skottens tillväxt

En viktig aspekt att ta upp angående utförd röjning är hur stubbhöjden påverkar utvecklingen av framtida generationer av vegetation i slänten. En litteraturstudie i ämnet gav följande, något tvetydiga, resultat.

Vegetationen i slänter varierar och såväl lövträd som barrträd förekommer med olika variationer. De träd som främst etablerar sig på den blottlagda mineraljorden i vägslänter efter att en väg byggts är de så kallade pionjärträdslagen (Lundh & Huisman, 2002). Dessa växer ofta mycket snabbt när de är unga och kan etablera sig i de flesta marktyper. Bland barrträd är tall den vanligaste pionjären och bland lövträd är björk, al, asp och sälg alla pionjärer (Hallsby, 2008).

Lövträd, till skillnad från barrträd, återhämtar sig efter röjning via vegetativ förnygring då så kallade stubbskott och rotskott skjuter upp snabbt efter en röjningsåtgärd. Finns en levande kvist kvar på stubben skjuter denna i höjden och bildar en ny stam, samtidigt som så kallade viloknoppar på stammen börjar växa till nya skott. Dessa knoppar sitter på stubben efter röjning, såväl ovan som under marknivå. Johansson (1992 a) har i en studie på fyra lokaler i mellan- och södra Sverige undersökt var på stubben som de flesta viloknoppar sitter belägna på glasbjörk och vårtbjörk. De studerade stubbarna var mellan 5-165 mm grova i diameter och det totala antalet viloknoppar varierade mellan olika växtplatser, men var mellan 22-129 stycken. Antalet viloknoppar varierade mellan olika stubbdiametrar i studien, men de grövre stammarna tenderade att ha fler viloknoppar än de klenare. Studien visade att mellan 5-28 % av viloknopparna hos de båda trädslagen var belägna ovan mark.

Problem med lövträd som skjuter stubbskott efter röjning i skogsbestånd har föranlett viss forskning inom området, där man bland annat undersökt hur stubbhöjd, röjningstidpunkt samt röjningsmetod påverkar utvecklingen av stubbskott. Vid beståndsröjning, i likhet med väggkantsröjning, strävar man ofta efter att minimera antalet stubbskott samt om möjligt att anpassa röjningen så att tillväxten på skotten begränsas.

Johansson (1991) genomförde en studie relaterad till röjning av glasbjörk, där han undersökte hur stubbhöjd respektive stubbsnitt påverkade bildandet av nya skott samt skottens höjdutveckling. Studien genomfördes på två olika lokaler och undersökningen gick ut på att mäta skillnader mellan stubbhöjder på 10, 20, 40 och 80 cm, samt om det var skillnad om stubbsnittet var rakt sågat, söndertrasat med yxa eller om stubben barkades.

Johansson fann att efter fem år levde 72-94 % av stubbarna på de två försökslokalerna. Han fann dock inga signifikanta skillnader i antalet överlevande stubbar varken när det gällde stubbhöjd eller stubbehandling. Inte heller kunde han urskilja någon skillnad mellan medel- eller totalhöjden hos skotten med de olika stubbehandlingarna.

En annan studie av Johansson (1992 b) gjordes om hur röjningstidpunkten för glasbjörk påverkade skottuppslaget på sex olika lokaler spridda i Sverige. Han hittade signifikanta skillnader i skotthöjden, där röjning i maj/juni gav lägst skotthöjd.

Huisman (2001) sammanfattar, på uppdrag av Banverket, i rapporten *Reglering av vedartad vegetation utmed järnvägar och vägar – en litteraturstudie över kunskapsläget* den forskning och litteratur som finns att tillgå vad gäller kunskapen om bland annat vegetationsröjning. En stor mängd svenska och utländska studier sammanfattas, men vad gäller såväl optimal tidpunkt som stubbhöjd kommer han fram till att dessa är artspecifika och att det är svårt att generalisera. I sin slutsats menar han dock att ”låg stubbhöjd vid röjning är effektivast” (Huisman, 2001), något som Banverket tar fasta på i den skötselstrategi som baseras på bland annat Huismans litteraturstudie.

Orsaken till att man kommer fram till att låg stubbhöjd är effektivast framgår inte tydligt, då de studier man hänvisar till inte ger tydliga indikationer på detta. Det kan dock ha att göra med att man åtminstone får bort de knoppar ovan mark som ger upphov till nya skott.

Även om det inte finns entydiga belägg för att låg stubbhöjd minskar antalet stubbskott, finns det andra skäl att förorda låg stubbhöjd. Höga stubbar utgör en viss säkerhetsrisk för såväl människor som djur vilka vistas vid vägen, samtidigt som de kan försvåra för framtida röjningsarbeten då många stubbar överlever och förblir färska tack vare bildandet av stubbskott. Vid påföljande röjning har man då inte bara den nya generationens vegetation att röja, utan man måste även röja de höga stubbar som lämnats för att uppnå kravspecifikationen.

4.5 Förslag på tillämpning utifrån studien

Baserat på studien av röjningsekipagens produktivitet och röjningens kvalitet så är min bedömning att skillnaderna är relativt små mellan aggregaten på de lättare röjningsklasserna. Röjningen blev väl utförd och utfördes på ett tillfredsställande vis på de lätt- och medeltunga röjningsklasserna, bortsett ifrån att det lätta aggregatet hade det lite tungt med några lite grövre björkar då remdriften började slira. De båda aggregaten höll en jämn produktivitet och även om det lätta aggregatet lämnade något högre stubbar och enstaka oröjda stammar så klarade det av att utföra röjning med ett gott resultat. Däremot anser jag det inte vara lämpligt eller ändamålsenligt att röja vägar med släntvegetation som den tyngsta arbetstyngden motsvarade med ett lätt aggregat. Aggregatet klarade visserligen, om än efter något besvär, att uppfylla kravspecifikationen, men den belastning som aggregatet utsattes för överstiger nog den belastning som det är tillverkat för att klara av. Klart är att det sliter mer på det mindre aggregatet än på det tyngre vid tung röjning. Ett tyngre och mer kraftfullt aggregat bör således användas vid tung röjning.

Under arbetets gång har ingen vetenskaplig fakta kunnat påvisa vilken röjningsbredd som kan rekommenderas för skogsbilvägar. Att kräva en röjningsbredd om 2,5 meter passar inget röjningsaggregat som finns på marknaden idag. Inget aggregat klarar av att röja den

bredden på ett slag vilket föranleder att man tvingas röja två slagbredder för att uppnå kravspecifikationen. I studien uppnådde det lättare aggregatet en röjningsbredd om ca 2,5 meter vid dubbla slag, och det tyngre aggregatet röjde i medeltal 3,3 meter brett, också det vid dubbla slagbredder.

Anledningen till att man buskröjer är att få bort vegetation som binder väta i vägen och förlänger upptorkningstiden, att hålla upp sikten på vägen, att vegetationen inte skall utgöra ett hinder vid plogning vintertid samt att underlätta materialåtervinning vid upprustning. Huruvida 2,5 meters röjningsbredd uppfyller dessa behov fullständigt, eller ej, finns inga studier om och således inte heller vetenskapliga belägg för.

Där ett större aggregat röjer två bredder och därmed uppnår en röjningsbredd om cirka 3,3 meter kan det tyckas vara onödigt brett med avseende på den funktion som man vill uppnå med röjningen. Ofta är skogsbilvägar inte bredare än 3-4 meter, så den totala röjningsbredden på båda sidor av vägen uppgår i dessa fall till den dubbla vägbredden.



Figur 16. Röjd väg med röjningsbredd om 3,3 meter.

Figure 16. A road with 3.3 meter clearance width.



Figur 17. Röjd väg med röjningsbredd om 2,6 meter

Figure 17. A road with 2.6 meter clearance width.

Figur 16 och 17 visar två av de vägar som röjdes under tidsstudien. Figur 16 visar en slänt som är röjd två slagbredder med det tunga aggregatet och slänten i figur 17 är slagen två slagbredder med det lätta aggregatet. Vinkeln, varifrån fotot är taget, gör att vägarna ser oproportionerligt smala ut, men bredden på röjningen kan tyckas vara väl tilltagen i förhållande till syftet med röjningen. För att uppnå snabb upptorkning av vägen, god sikt och plats för snö kan det tyckas överdrivet att röja så brett. Röjning är en kostsam åtgärd, varför man bör ställa röjningsbredden i relation till dess funktionalitet. Ett framtida forskningsområde vore kanske att ställa röjningsbredd i relation till dess olika funktionalitet.

Tänkbart är därför att endast *två* meters röjningsbredd på motsvarande vis skulle uppfylla de krav som ställs på funktionaliteten av vägkantsröjning. Skulle man ta bort 1,3 meter på röjningsbredden i figur 16 och 60 centimeter på röjningsbredden i figur 17 bör sikten fortfarande vara god och det finns fortfarande plats för snökanter vid plogning. Ett problem skulle kunna vara att det då är för smalt för att få optimal upptorkning av vägen, men skillnaden vad gäller den aspekten bör vara försumbar mellan 2,5 och 2 meters röjningsbredd.

Vinsten med att sänka kravet på röjningsbredd till två meter är ur kostnadsbesparande perspektiv. Ett drygt två meter brett röjningsaggregat skulle kunna klara av det kravet genom att röja endast ett röjningsslag, med undantag för tvära innerkurvor där man fortsatt bör röja två slag för att öka sikten.

Alternativt kan man ställa kravet på röjningsbredd i relation till hastighetsklassen på vägen eller i relation till hur mycket vägen används. De vägar som används frekvent, har hög hastighetsklass och som spelar en nyckelroll under förfallsperioder kan röjas bredare än vägar som används mindre och har en lägre hastighetsklass. Man skulle även kunna alternera röjningsbredden mellan olika röjningstillfällen.

4.6 Bioenergi

När man gör en studie av denna karaktär slås man av vilka enorma mängder bioenergi som röjs ned och mals sönder årligen vid buskröjning. Den vegetation som växer mellan röjningsområdet och de intilliggande skogsbestånden utgör dock en lättåtkomlig källa för biomassa som sällan tillvaratas. På senare tid har intresset för att klippa och tillvarata energi längs skogsbilvägarna ökat och i ett examensarbete från 2009 (Edlund) undersöktes produktiviteten och lönsamheten för denna åtgärd gällande igenväxta vägar. Visserligen avsåg skörden att vara ett substitut för buskröjning och skedde med en bredd om 2,5 meter från vägkant, inte utanför röjningsområdet, men studien visade på den ekonomiska potential som finns i att ta tillvara energi längs vägarna. Förutsättningarna för att ta tillvara vegetationen som växer mellan röjningsområdet och angränsande skogsbestånd torde inte skilja avsevärt då det fortfarande rör sig om lättillgänglig energi i närhet av vägen. Studien visade att det var lönsamt att klippa vegetation som hade en medeldiameter över fem centimeter och en höjd på cirka fem meter, då de stammar som var över tre centimeter räknades.

Riktlinjer för en långsiktig strategi om tillvaratagande av biomassa utanför röjningsområdet bör vara en självklar del i skötseln av vägar för de stora skogsbolagen.

Slutsatser

- Produktiviteten räknat i m^2/h och km färdigröjd väg per timme var högre för det tunga ekipaget för samtliga röjningstygder. Det tunga ekipagets produktivitet för röjningsklasserna var: lätt $16815 \text{ m}^2/\text{h}$, medel $9191 \text{ m}^2/\text{h}$ och tung $2940 \text{ m}^2/\text{h}$, medan motsvarande siffror för det lätta ekipaget var lätt $9440 \text{ m}^2/\text{h}$, medel $6598 \text{ m}^2/\text{h}$ och tung $2385 \text{ m}^2/\text{h}$.
- Enligt kostnadskalkylerna var det tunga ekipaget billigast per m^2 för samtliga röjningsklasser. Räknat med den timersättning som entreprenörerna hade under tidsstudien var dock det lätta ekipaget något billigare per m^2 samt billigare per km färdigröjd väg.
- Kvalitetsmässigt var det tunga aggregatet bättre då det røjde med lägre stubbhöjd och inte lämnade oröjda stammar. Det lätta aggregatet orkade inte riktigt røjja den tyngsta röjningsklassen och lämnade såväl höga stubbar som en del oröjda stammar.
- Under litteraturstudien hittades inga entydiga bevis för att låg stubbhöjd minskar antalet stubbskott men av estetiska, säkerhetsmässiga och praktiska skäl bör man sträva efter en låg stubbhöjd vid röjning.
- Det tunga aggregatet klarade samtliga röjningstygder problemfritt och var enligt de teoretiska kalkylerna det billigaste alternativet per m^2 . Det var även monterat på en kran vilket gav stor flexibilitet vad gäller såväl röjningsbredd som möjligheten att røjja runt hinder. Sammantaget gör det att ett tyngre röjningsaggregat rekommenderas som en mer komplett helhetslösning för buskrøjning längs skogsbilvägar.

Referenser

Litteratur

- Anon. 1984. Fälthandbok Projektering av skogsbilvägar. Skogsstyrelsen blvag 300, Jönköping
- Anon. 2005. Skatteverkets ställningstaganden (2005-04-04), Skatteverket, 2010-05-17.
<http://www.skatteverket.se/rattsinformation/stallningstaganden/tidigarear/2005/stallninstaganden2005/1317327905111.5.2132aba31199fa6713e80003385.html?posid=5&sv.search.query.allwords=diesel%20koldioxidskatt>
- Anon. 2009a. Anläggning med återvinning & skog 2009/2010, Cobra förlag AB, 2010-04-20. http://www.cobraforlag.eu/pt/Book_2009-10/
- Anon. 2009b. Slagkraft. Buskaggregat H125-H210. 2010-04-18.
<http://www.slagkraft.se/static/sv/100/>
- Anon. 2010a. Skogforsk. Linjeföring, 2010-04-04.
<http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Vagbyggnad/16438/16457/Linjeforing/>
- Anon. 2010b. Trejon, Mekaniskt drivna röjare.
<http://www.trejon.se/prodDetail.php?div=358&artnr=M160>
- Anon. 2010c. Skogforsk. Maskinkostnader, 2010-05-27.
<http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Drift-och-underhall/16683/>
- Edlund, M. 2009. Produktivitet och lönsamhet vid skogsbränsleuttag längs skogsbilvägar. Examensarbete inom Jägmästarprogrammet. Institutionen för skoglig resurshållning, Umeå. SLU, Arbetsrapport 243.
- Hallsby, G. 2008. Nya Tidens Skog Skogsskötsel för ökad tillväxt. LRF Skogsägarna, Värnamo.
- Huisman, M. 2001. Reglering av vedartad vegetation utmed järnvägar och vägar – en litteraturstudie över kunskapsläget. Institutionen för lantbruksteknik, Alnarp. SLU. Rapport 247.
- Johansson, L. 2001. Maskinell röjning i terrängen. Examensarbeten inom landskapsingenjörprogrammet. Institutionen för lantbruksteknik, Alnarp. SLU. 2001:17, 34 sid.
- Johansson T. 1991. The effect of stump height and cut surface type on stump survival, sprouting and sprout growth after cutting of 10-35 year old *Betula pubescens* Ehrh. Institutionen för skogshushållning. SLU. Garpenberg, Rapport nr 28.
- Johansson T. 1992 a. Dormant buds on *Betula pubescens* and *Betula pendula* stumps under different field conditions. *Forest Ecology and Management* 47, 245-259.
- Johansson T. 1992 b. Sprouting of 10- to 50-year-old *Betula pubescens* in relation to felling time. *Forest Ecology and Management* 53, 283-296.

Lundh, J-E, Huisman, M. 2002. En jämförande studie av några maskinella och motormanuella röjningsmetoder utmed järnväg – uppföljning av skottutveckling efter röjning samt utvärdering av selektiv röjning. Institutionen för lantbruksteknik, Alnarp. SLU. Rapport 248.

Nielsen Gulis, N. 1995. En marknadssammanställning av Slätter & Röjningsaggregat. Vägverket avdelning Teknik, Sektion Driftsteknik. Borlänge, Publ 1995:48.

Niléhn, A. 2008. Kedjeröjare kan köras på tre sätt, ATL
<http://www.atl.nu/Article.jsp?article=48574&a=Kedjer%C3%B6jare>

Nordfjell, T. 2006 Kostnadskalkylering avseende skogsmaskiner, Umeå. SLU, Stencil.

Muntliga referenser

Kristoffersson, J. 2009. Vägmästare, Holmen Skog RG Örnsköldsvik.

Pettersson, A. 2009. Maskinentreprenör, Firma André Pettersson, Skellefteå.

Rydén, L. 2010. Skatteverket, Ludvika.

Bilaga 1.

Kostnads kalkyl för basmaskin och aggregat.

$T_{kkm} = T_{kba}/V$	$T_{kkm} = \text{Total kostnad (kr/km)}$
$T_{km2} = T_{kba}/P$	$T_{km2} = \text{Total kostnad (kr/m}^2\text{)}$
	$V = \text{Medelhastighet (km/h)}$
	$P = \text{Produktion (m}^2\text{/h)}$
$T_{kba} = T_{kb} + T_{ka}$	$T_{kba} = \text{Total kostnad basmaskin och aggregat}$
$T_{kb} = F_{kb} + R_{kb}$	$T_{kb} = \text{Total kostnad basmaskin (kr/tim)}$
	$F_{kb} = \text{Fast kostnad basmaskin (kr/tim)}$
	$R_{kb} = \text{Rörlig kostnad basmaskin (kr/tim)}$
$F_{kb} = (K_b + U_{fb})/S_b$	$K_b = \text{Kapitalkostnad basmaskin (kr/år)}$
	$U_{fb} = \text{Fast underhållskostnad basmaskin (kr/år)}$
	$S_b = \text{Systemtid basmaskin (tim/år)}$
$R_{kb} = U_{rb} + D_{mb} + F_{lb}$	$U_{rb} = \text{Rörlig underhållskostnad basmaskin (kr/tim)}$
	$D_{mb} = \text{Drivmedelskostnad basmaskin (kr/tim)}$
	$F_{lb} = \text{Förlärlön basmaskin (kr/tim)}$
$K_b = (I_b - R_{nb}) \times A_b$	$I_b = \text{Investeringsbelopp basmaskin (kr)}$
	$R_{nb} = \text{Restvärdets nuvärde basmaskin (kr)}$
$R_{nb} = R_b \times (1 + i_b)^{-n}$	$A_b = \text{Amorteringsfaktor basmaskin (Annuitetsfaktor)}$
	$R_b = \text{Restvärde basmaskin (kr)}$
	$i_b = \text{Kalkylränta basmaskin (\%/100)}$
$A_b = (i \times (1 + i_b)^n) / ((1 + i_b)^n - 1)$	$n_b = \text{Ekonomisk livslängd basmaskin (år)}$
$T_{ka} = F_{ka} + R_{ka}$	$T_{ka} = \text{Total kostnad aggregat (kr/tim)}$
	$F_{ka} = \text{Fast kostnad aggregat (kr/tim)}$
	$R_{ka} = \text{Rörlig kostnad aggregat (kr/tim)}$
$F_{ka} = (K_a + U_{fa})/S_a$	$K_a = \text{Kapitalkostnad aggregat (kr/år)}$
	$U_{fa} = \text{Fast underhållskostnad aggregat (kr/år)}$
	$S_a = \text{Systemtid aggregat (tim/år)}$
$R_{ka} = U_{ra} + D_{ma}$	$U_{ra} = \text{Rörlig underhållskostnad aggregat (kr/tim)}$
	$D_{ma} = \text{Drivmedelskostnad aggregat (kr/tim)}$
$K_a = (I_a - R_{na}) \times A_a$	$I_a = \text{Investeringsbelopp aggregat (kr)}$
	$R_{na} = \text{Restvärdets nuvärde aggregat (kr)}$
$R_{na} = R_a \times (1 + i_a)^{-n}$	$A_a = \text{Amorteringsfaktor aggregat (Annuitetsfaktor)}$
	$R_a = \text{Restvärde aggregat (kr)}$
	$i_a = \text{Kalkylränta aggregat (\%/100)}$
$A_a = (i \times (1 + i_a)^n) / ((1 + i_a)^n - 1)$	$n_a = \text{Ekonomisk livslängd aggregat (år)}$